Arun Microelectronics Ltd

UHV（超高真空）互換ステッパーモータ
ユーザ取扱説明書 . Issue 2.2

概要とご注意 ⚠ ご使用の前に良くお読み下さい

サイズ14及び17モータ上のねじはトルクメータで測定して固定してあるので、緩めたりしないこと

モータを落としたり、マグネットを脱磁たり、分解したり、改造したり、手で触ったりしないで下さい。また、モータをオーバーヒートさせたり、ベアリング部或いは励磁箇所にゴミや埃を混入させたりしないでください。

公表の性能はコントローラ・ドライバーSMD210を使用して標準ステップ分割にて得られたものです。SMD2 はバイポーラ、スイッチモード、電流安定化駆動で、特に真空モータと一緒に使用するのに最適なコントローラ・ドライバーです。異なったドライバーでは速度やトルクカーブが異なります。相辺りの総電流値が1A RSS(二乗和根)以上の出力容量を持ったドライバーでは電流値が調整できると誇示していても絶縁膜を破損してしまいます。

抵抗計にて2本の励磁巻き線を確認してください。A+ 及び B+ 線がタッグにて実際に動作テストをしなくても分かるようにマークがしてあります。 ⚠ **これらのマーカーはUHV互換ではないので取り外してください。** 回転方向を逆転したい場合は各巻き線の一端を入れ替えてください。熱電対のアルメル線は磁性材（負磁性）です。確認用に小さな磁石が添付されます。線材の端には1.5mmの圧着端子が着いていますので当社製フィードスルーMLF18VCFコネクターへ単純に差し込むだけです。

バランスが取れた荷重で設計されたメカニズムと/又は排ガスを最小限に減らすために低減された，或いはゼロ位相電流により位置を保持するための摩擦力。滑らかな動作のためにはステップ分割のみ使用してください。分解能を上げるためには減速ギアを使用してください。

低温、大気環境での使用時はモータ内が結露・氷結しないことを確認してください。液体窒素の急な投入によるサーマルショックを避けてください。

モータはHV環境内で予備ベーキングされて出荷されます。保存中や取り扱い中に水分を吸収します。コントローラSMD210により、24時間セルフベーキングして下さい。そうすると、十分な容量を持った真空ポンプで、UHV互換環境へ到達します。

取り扱いと設置.
モータとリード線は素手で触らないで下さい。ナイロン、布製、綿製またはプラスティック手袋を使用して下さい。モータから突き出ているねじを使って固定して下さい。このねじはモータから絶対に外さないで下さい。ねじをナットで固定する間ドライバーはねじを回さないで押さえるだけにしてください。通常の真空内作業の注意に従って下さい。モータを取り付ける際に物を詰め込んだり、異物が端面の排気穴に極力入らないように気をつけて下さい。モータの前面の差し込み口はモータシャフトと正確に同芯円状なので取り付けの際はこれに勘合させて下さい。

負荷との結合
モータシャフトと荷重結合する推奨方法はねじ留めかコレット固定です。AML社ではお客さまがシャフトを改造されることはお勧めできません。もし、どうしてもモータシャフトへ平坦ヤスリやピン用穴あけが必要な場合は、モータは切りくずや異物等の混入には全く対策されていないことをご承知下さい。潤滑剤や加工くずの汚染防止のために、シャフトを除いてモータ全体をアルミフォイルで包んで実施して下さい。その後で、モータをポリエチレンバッグで包んで下さい。シャフトの回りの解放部は、マジックテープでシールして下さい。シャフトへ直にテープは使用しないで下さい。バッグのみシールして下さい。シャフトの改造後はイソプロピルアルコールで洗浄し、モータへの汚染が無いよう注意を払って、プラスティックバッグとアルミフォイルを取り外してください。

ドライバ要件
これらのモータは**AML社ドライバー・コントローラモデルSMD210（電流制御型、スイッチモード駆動）**とのセットで使用するように設計されています。AML社では、代替ドライバーの使用はお勧めできませんが、必要な場合は、バイポーラ型、2相ドライバーで、相当たり電流が1アンペアちょうど或いはそれ以下に制御出来る事が必要です。もし、そのドライバーが同時に電流と位相（ステップ分割用に）も供給できるならば、相と電流の平方根自乗和が1Ampを超えないことです。市販のドライバーの中で、大電流容量はあるが低電流設定時の性能がよくない物もあります。

代替ドライバーを使用される場合は**出力電圧が45Vよりも大きく**なければなりません。これより低い電圧だと高速送りの際にトルクが減少します。また、**電圧が100Vタイプは真空用途向きではありません。スイッチング周波数は22KHz**以上で、**相電流のピークツーピークのスイッチングリップルは25%以下**でなければなりません。

ドライバーの電流値はモータが停止した際は下げたり，或いは停止したりできなければなりません。この理由から、角度分解能を上げるためにステップ分割（マイクロステップ等のステップ分割タイプは、常に励磁されているので不可）はお勧めできません。

電気的、機械的及び熱特性データシートを参照して下さい。

過熱防止対策.
全てのAML社モータは**K タイプの熱電対（クローム/アルメル）**がモータ巻き線近くに組み込まれています。 これは、モータが過熱状態になるのを防ぐためのものです。ドライバーは**巻き線温度が175℃**に達したら電流は遮断しなければなりません。モデルSMD210では、この機能が組み込まれています。簡単な温度のオンオフ操作が使われることもありますが、モータ内の電気ノイズが温度計測に影響しないように留意すべきです。

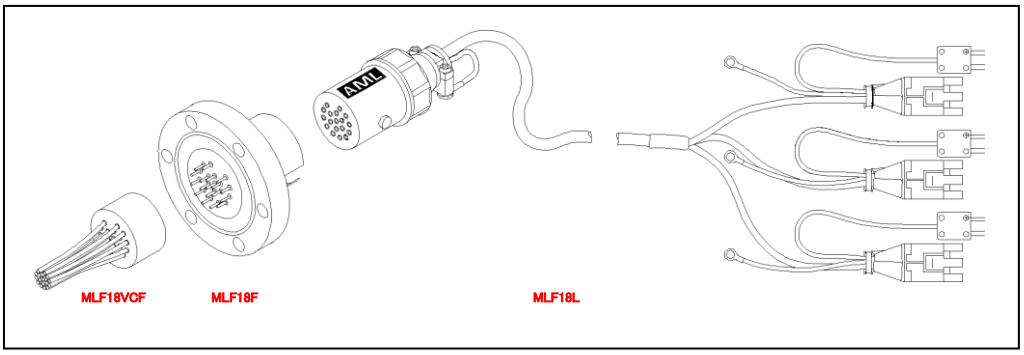
フィードスルーの必要性

各モータは6本のフィードスルーコンタクトピンが必要です。熱電対内蔵真空フィードスルーを使うまでもありませんが、互換性が無いフィードスルー材質では温度差が5℃以下でも誤差が生じます。

AML社 フィードスルー：モデル MLF18F がお勧めです。これは1.5mmの圧着端子ソケットに直にモータリードを結線でき、取り付けが非常に簡単です。

モデル MLF18F は18本の 1.5 mm 金メッキフィードスルーピンを使っていて、1個から3個までのモータ結線に最適です。内部の**ベーキングができるタイプのコネクターモデル： MLF18VCF** はモータのリードが挿入されている圧着端子に直に装着できます。これによりピン間短絡のリスクを減らし、装着にも非常に便利です。

AML社は18芯ベーキング不可、直にコントローラ･ドライバー SMD210 へ結線出来る、選別された外部リードMLF18NBLを提供します。これらのリードをご使用頂ければEU EMC 指令の準拠が達成されます。大気側のコネクター モデル: MLF18AC がユーザ独自のケーブルご使用のために用意されています。



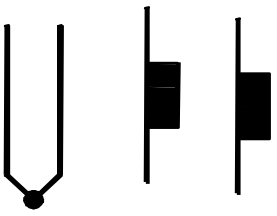
リード線の確認と結線

⚠ **Pご使用前に極性マークタッグを取り外して下さい。**

リードは分かり易く結線も簡単です。 抵抗計の１オーム目盛りで測れば2相巻き線は確認出来ます。安価なマルチメータで十分です。

リード線は生の色のポリイミドフィルムで包んだ、銀メッキされたOFHC 銅線で、それぞれ線先に1.5mmの圧着端子が付いています。リード線は必要ならば短くできます。その場合は、圧着端子パーツ番号「ITT Cannon #192990-0090」を使用して下さい。

モータ相電源リードは熱電対ようのリードより太くなります。耐放射線タイプモータの場合は複数の撚り線になります。モータ2相のリードを抵抗値で確認してください。抵抗値は大体 **3から5 オーム程度**です（モータタイプよって異なります）。モータ2相巻き線と熱電対それとモータケースは、電気的に導通はありません。抵抗値のほとんどがモータ結線抵抗です。実質上リード線の短絡による影響はありません。モータ電源リートをドライバーの該当端子へ結線してください。フィードスルーからドライバーまでの抵抗値は2乃至3オーム以下でなければなりません。



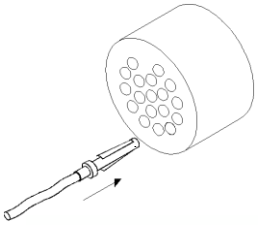
熱電対用の線材はモータ電源ワイヤより細くなります。熱電対はモータ部から絶縁されています。熱電対の抵抗値は **工場供給時は50 から 60 オーム**で、短くすれば長さに比例して減少します。アルメル線は、弱い磁性を帯びているので、付属の磁石によって確認出来ます。コントローラへの結線の際は、アルメルリード線はコントローラの端子に**「アルメル N － 又は、青表示」**と明記されたところへ結線してください。クロメルリード線は端子の**「クロメル P +、又は茶表示」**へ結線してください.

温度計測はさほど正確さは要求されませんので、熱電対対応のフィードスルー、或いは延長ワイヤを使用する必要はありません。もし、互換品が使用される場合は、正しい要領に従って結線してください。

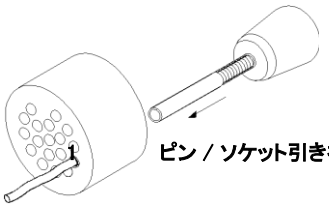
MLF18VCF または MLF18Fへの結線

圧着端子を直接フィードスルーへ接続したい場合（例えば、ソケットMLF18VCFを使用しない場合）はフィードスルーへ結線する前に、必ず忘れないでワイヤを銅のガスケットのところまでねじ込んでください。短絡防止のために圧着端子をPTFEスリーブで絶縁してください。

ソケットMLF18VCFをご使用の場合は「ソケット引き抜き工具 RS コンポーネンツ在庫番号 466-876」が最適且つ安価なのでお勧めです。

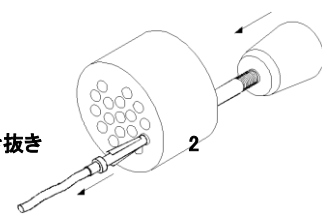


ピン /ソケット挿入



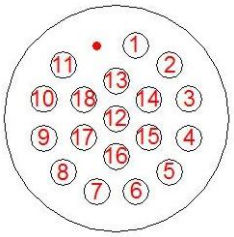
1

ピン / ソケット引き抜き



2

M下記の結線表に従って結線してください。これは MLF18NBL リード線の結線表と同じです。これはフィードスルーの裏側、真空側のピンレイアウトです。



フィードスルーMLF18F（真空側） 結線用ピン配置

	モータ 1	モータ 2	モータ 3
A相 +	1	7	13
A相 −	3	9	15
B相 +	2	8	14
B相 −	4	10	16
熱電対 +	5	11	17
熱電対 −	6	12	18

他のフィードスルー用モータリード線の準備
リード線に圧着された圧着端子を切断して、被覆を剥がす必要があるかもしれません。標準モータはポリイミドフィルムで被覆されたリード線が組み込まれています。耐放射線タイプモータの場合はポリイミドのラッカーがコーティングされたリード線が組み込まれています。

Pポリイミドは強く、柔軟で耐摩耗性が高いので、被覆を剥がすのは簡単ではありません。ポリイミドフィルムを剥がすシンプルな方法は鋭利なナイフでリングを切断することです。そして絶縁シリンダーをリード線の端まで引き抜く方法です。導体の表面をナイフで傷つけないよう注意して下さい。耐放射線タイプリード線の場合は、鋭利なナイフでラッカーコーティングをこすり落として下さい。どちらのリード線も、高速回転ストリッパーで作業できますが、熱を使ったサーマルストとリッパー使用しないで下さい。

回転方向の反転
希望の回転方向、或いは慣れた回転方向が得られる確率は50%なので、往々にして回転方向の反転が必要です。反転させるには各相のリード線を入れ替えるだけです。

C真空システムを密閉する前にドライバー・コントローラとの、結線及びモータとの連携動作を確認すること。

トラブルシューティング
もしモータが間違った速度で回転したり、しばしば回転方向が変わったり、或いはトルクが低かったりする場合は、恐らくモータ相リード線の片方が外れて（オープンになって）いる確率が高いです。

もし、コントローラ SMD210にモータ温度175℃超過表示が点灯したが、実際の温度はさほど厚くない場合は、熱電対のリード線が外れて（オープンになって）います。

解決にはコントローラSMD210のマニュアルを参照下さい。

UHV互換モータの操作に関する一般的な考慮.
モータ及びメカニズムは初期の試運転の間は大気圧下での運転をお勧めします。これにより、以下のメリットがあります。オペレータが大気による冷却の存在を認識し、モータのステップ動作を見たり、聞いたりして機能確認が出来ます。

温度上昇と作動時間
AML社モータの推奨動作温度は組み込まれたKタイプ熱電対による測定で 175℃ です。一般的に、コントローラSMD210による制御にて、サイズ14及び17モータでこの温度を超えるリスクは非常に小さいです。最高操作温度近くでの冷却効率は熱上昇率よりもずっと大きいので高いデューティサイクルが達成できます。もっと大きなサイズのモータの場合でもガス負荷（排出ガス容量）は許容値以下です。

Tモータは要求負荷荷重にて相電流は最小値でなければなりません。これにより、モータ最高温度が減少し、モータからの排ガス無くなります。R巻き線抵抗内での抵抗発熱による損失 R, は I^2R.にて表されます。巻き線抵抗値は絶対温度に概ね比例しますので、相電流値 I の小さな減少 によって十分価値のある温度減少とそれに伴う排ガス減少をもたらします。相電流値が最大電流値の50%に下がると出力トルクはほぼ相電流に比例して減少するからです。

T最少の実行相電流値は摩擦負荷とイナーシャ、要求加速度及び最高速度により決まります。試運転にて理解するのが最良です。最適安全マージンは摩擦負荷の増加がベーキング処理後のようなどんな状況で起こっても許容できるよう考慮すべきです。

真空仕様ステッパーモータの得られる最高の効率はフルステップレートにて 500 から 2KHzの間です。

コントローラ SMD210は相電流を低速動作時の各ステップにおいて始動電流値と停止時電流値及びそれらの移行時間での異なった制御によりダイナミックに減少させることができます。このテクニックにて幾つかの用途においては出力パワーの分散を大幅に減少することができます。
ヒートシンク（熱発散）の考えも性能向上に役立ちます。

目に見えない巻き線絶縁の劣化が 230 ℃で発生します。そして、その結果モータからかなりの量のガスが発生します。もう少し低い温度での排ガスもあります。

排ガスとベーキング
A新しく真空環境へ投入されたモータからはガスが排出されます。主に、ポリイミドに滞留した水蒸気です。この材料はマイクロサイズの無数の穴があるので水分は急速に排出されて、排出レートは2，3時間後に落ち着いてきます。排ガスレートはモータ自身の発熱により加速します。

UHVでの稼働には200℃でのベーキングが要求されます。モータはベーキング温度が最も頻繁に制御される真空壁からある程度離れた場所で稼働するのが典型的です。そのような場合、モータ温度が十分上がらないので、巻き線をヒータエレメントとして使用して昇温することもあります。コントローラSMD210にはベーキングプログラムが組み込まれていて、自動的に相電流を上げてモータ温度を175℃に制御してくれます。他のシステム要素が冷却される間もモータへの結露を防ぐためにモータ温度が維持されるよう制御してくれます。ベーキングに内部の赤外線ヒータが使用される環境では，モータを赤外線の直接照射を防ぐために遮蔽し、モータ自身の発熱によるベーキングにて制御温度へ到達して頂く事をお勧めします。

代表的な機械装置に設置され、巻き線温度が120℃以下で動作する環境での、良くベーキングされたモータのガス排出レートは10^{-8} ミリバールリッター/秒オーダーレベルです。 これは14及び17サイズモータの定格相電流での非常に高いデューティサイクル操作の代表です。
ガスの種類は H_2 (90%) 及び CO (10%)で 、主に巻き線と被覆から発生するものです。経験則から、UHVに達するには、他に100リットル/秒の排気容量を持ったポンプが必要です。この排ガス負荷はHV環境や高真空レベルではさほど問題になりません。

回転機構と保持トルク
保持トルクの必要性を減らしたり，無くしたりするための、バランスの取れた負荷設計された回転機構では、もし負荷の不均一性（アンバランス）によってモータにトルクが架かる場合は、ディテント（一時停止）トルク以下となり、モータは電源無しで位置を維持します。
要求角度分解能を達成し、負荷イナーシャに見合ったトルクを得るためには、減速ギアが有効です。停止トルクを維持し、停止摩擦を掛けることができます。

搬送メカニズム – シャフト端フロート（浮き）
モータシャフト端は加圧バネが入っています。これはシャフトをモータの取り付け面側へ予圧を掛けています。エンドフロートはC14.1モータで、100 から 200 µm、 C17モータで200 から 400 µmです。スプリングは軸方向圧力3kg で、モータ後部端へ向けて常時予圧されています。リニア機構の場合は、モータがリードねじに直結しているので、重力又は軸端面に対しする予圧によりバックラッシュ押さえの端面フロートを無くすことができます。

エンドフロートが小さいか或いはスプリングが仕様より堅い場合は、非常に大きな静的摩擦要素が予圧スプリングに加わり事があります。
これはバックラッシュを減らすためには当てになりません。繰り返し使って行くと静的摩擦は減少しますが，同時に微粒子も生み出します。

レゾナンス（共振）
Sステッパーモータはクラシックな2次システムで、1個から数個の自然共振周波数を持っています。これらの周波数近くでのステップレートでの操作は共振を発生します。結果として、非常に低出力トルクと振動しながらのステップ動作となります。共振周波数は摩擦と負荷のイナーシャ、モータ温度 それとドライバーの駆動特性によって改善できます。従って、余り正確に述べられていません。運良く、普通に負荷との結合（カップリング）により共鳴周波数を減少させることができます。AML社モータは無負荷状態にて、300Hz以下で発生します。コントローラSMD210の駆動回路では最適化によりモータの機械的共振を強力にダンピング（緩和）します。

共振制御のシンプルな方法はモータの共振周波数近くでの運転を行わないことです。次の章で、述べているように負荷イナーシャが適合するモータ駆動レートで、400 Hz以上の周波数から始動するように設定出来ます。共振の問題は、共振周波数領域をまたいでモータ速度が加速された又は減速されても通常は問題にはなりません。

Iもし、これより遅い速度で駆動する必要があれば、コントローラSMD210のステップ分割駆動 （ミニステップ） によりステップ分割レートをスパラメータ設定にて効果的に増やして共振が発生するステップ周波数辺りの振幅を下げることで改良できます。特に困難なケースとしてとして、ステップ分割（ミニステップモード）の移行領域周波数での改善です。

負荷イナーシャと減速ギア
モータシャフトに結合された負荷イナーシャは理想的にモータのロータイナーシャと精密な位置決めが要求されるレベルでの比較ができなければなりません。負荷イナーシャは速度コントロールの用途には非常に大きくすることができます。この場合絶対位置精度Tはさほど要求されません。負荷に適合した減速ギアが使用されるところではモータピニオンと噛み合った平歯車によって通常は負荷に対応できます。また、直径をできるだけ小さくすることも重要なことです。負荷結合が緩いと高い周波数領域で新たな共振周波数が現れます。この場合の対策としては、通常ギアトレイン(ギアの歯車組み合わせ)にバックラッシュキャンセル機構又は、ヘリカルギアに置き換えるか、又は別のフリクション歯車トレインに入れ替えることでダンプできます。

モータ近辺の磁場
モータは磁場強度が50ミリテスラ（500ガウス）以上の環境では使用しないで下さい。この強度の磁場が架かった状態では性能に大きな影響が生じます。さらに、これ以上の磁場に晒されるとモータのロータの磁化が劣化する恐れがあり、恒久てきに性能が影響を受けます。

モータからの漏洩磁場はモータ表面から1 cm の距離で、軸方向に100マイクロテスラ（1ガウス）です。これはロータの永久磁石によるもので、モータが励磁されていないで、且つ静止している状態です。ドライブが架かって励磁されると、ステップ基本周波数にハーモニックが加わった交流要素が追加されます。周波数は数 KHz です。この磁場はモータの側面とシャフトと反対側の端面で簡単にスクリーニングができます。しかし、もっと難しいのは、シャフトが突き出ているシャフト端です。近辺の装置への浮遊磁場の影響について予め考慮が必要です。